

**Morphologie und Wachstum von dünnen
Kupfer- und Goldfilmen
auf einer Rhenium(0001)-Oberfläche**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde,**

eingereicht am
Fachbereich Biologie, Chemie und Pharmazie
der
Freien Universität Berlin,

Vorgelegt von
Dipl. Chem. Astrid Weingart
aus Rostock
2003

Die vorliegende Arbeit wurde in der Zeit von April 1998 bis November 2003 am Institut für Physikalische und Theoretische Chemie der Freien Universität Berlin unter der Anleitung von Herrn Prof. Dr. Klaus Christmann angefertigt.

Die Fertigstellung der schriftlichen Arbeit wurde vom Land Berlin durch das „Berliner Programm zur Förderung der Chancengleichheit für Frauen in Forschung und Lehre“ finanziell unterstützt.

1. Gutachter: Prof. Dr. K. Christmann

2. Gutachter: Prof. Dr. E. Illenberger

Tag der Disputation: 11.12.2003

Während der Promotionszeit erschienene Konferenzbeiträge:

A. Vollmer, K. Schmidt, A. Mohr, R. Wagner, K. Christmann, „LEED, TDS, AES und STM – Untersuchungen zur Struktur und zum Wachstum von Silber auf Re(10-10)“, Frühjahrskonferenz der DPG in Münster, Vortrag 23.12, Verhandlungen der DPG (VI) (1999) 907

A. Mohr, K. Christmann, R. Wagner, „Wachstum von Cu auf einer gestuften Re(0001)-Oberfläche“, Frühjahrskonferenz der DPG in Regensburg, Poster O 11.5, Verhandlungen der DPG (VI) (2000) 679

A. Weingart, K. Christmann, „Die Wechselwirkung von CO mit der bimetallichen Au/Re(0001)-Oberfläche“, Frühjahrskonferenz der DPG in Dresden, Poster O 24.49, Verhandlungen der DPG (VI) (2003)

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Theoretische Grundlagen	7
2.1	Theoretische Betrachtungen zum Filmwachstum	7
2.1.1	Atomare Prozesse auf der Oberfläche	8
2.1.2	Die Keimbildung	9
2.1.3	Inselwachstum und Inselformen	10
2.1.4	3-D-Wachstum und Diffusion über Inselränder	11
2.1.5	Gitterrelaxation	12
2.2	Die Wechselwirkung von CO mit Übergangsmetalloberflächen	14
2.2.1	Molekulare Adsorption von CO	14
2.2.2	Dissoziation von CO auf Übergangsmetalloberflächen	15
3	Die Untersuchungssysteme – chemische, physikalische und kristallographische Eigenschaften der verwendeten Metalle	17
3.1	Rhenium	17
3.1.1	Eigenschaften von Rhenium (Re)	17
3.1.2	Die Rhenium(0001)-Oberfläche	17
3.2	Kupfer und Gold	19
3.2.1	Eigenschaften des Kupfers (Cu)	19
3.2.2	Eigenschaften des Goldes (Au)	20
3.3	Vergleich der Eigenschaften	20
4	Physikalische Grundlagen der Untersuchungsmethoden von Oberflächen	22
4.1	Thermische Desorptionsspektroskopie (TDS)	22
4.1.1	Auswertung nach Bauer	24
4.2	Rastertunnelmikroskopie (RTM)	25
4.3	Änderung der Elektronenaustrittsarbeit ($\Delta\Phi$)	28
4.4	Beugung niederenergetischer Elektronen (LEED)	30

5	Experimentelle Grundlagen	32
5.1	Der UHV-Rezipient.....	32
5.1.1	Probenaufbau und Temperaturmessung.....	34
5.1.2	Die Kühlung der Probe.....	35
5.1.3	Die Aufdampfquellen.....	35
5.1.3.1	Die Kupfer-Quelle.....	35
5.1.3.2	Die Gold-Quelle.....	35
5.2	Der Rhenium-Kristall.....	36
5.2.1	Probenpräparation.....	37
5.3	Aufnahme und Bearbeitung der Daten.....	38
6	Ergebnisse	39
6.1	Das System Gold/Rhenium(0001)	39
6.1.1	Thermodesorptionsspektroskopie (TDS)	40
6.1.1.1	Spektrenformanalyse.....	40
6.1.1.2	Bedeckungsgradkalibrierung.....	41
6.1.1.3	Energetik der Desorption.....	43
6.1.2	Messung der Austrittsarbeitsänderung ($\Delta\Phi$).....	44
6.1.3	Beugung niederenergetischer Elektronen (LEED).....	46
6.1.4	Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse zum System Gold/Rhenium(0001)	47
6.1.4.1	Struktur und Wachstum.....	47
6.1.4.2	Elektronische Wechselwirkung.....	52
6.2	Die Wechselwirkung von CO mit der Au/Re(0001)-Oberfläche.....	54
6.2.1	Die Wechselwirkung von CO mit der reinen Re(0001)-Oberfläche.....	54
6.2.1.1	Thermodesorptionsspektroskopie (TDS).....	54
6.2.1.2	Messungen zur Austrittsarbeitsänderung ($\Delta\Phi$)	61
6.2.1.3	Ergebnisse der LEED- Untersuchungen (LEED)	67
6.2.1.4	Koadsorptionsexperimente	68
6.2.1.5	Zusammenfassung und Diskussion der Wechselwirkung von CO mit der reinen Re(0001)- Oberfläche.....	70
6.2.2	Die Wechselwirkung von CO mit der Au/Re(0001)-Oberfläche.....	73
6.2.2.1	Thermodesorptionsspektroskopie (TDS).....	73
6.2.2.2	Messung der Austrittsarbeitsänderung ($\Delta\Phi$)	86

6.2.2.3	Beugung niederenergetischer Elektronen (LEED)	91
6.2.2.4	Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse zur Wechselwirkung von CO mit der bimetallischen Au/Re(0001)-Oberfläche	93
6.2.2.4.1	Einfluss von Gold auf die Wechselwirkung von Kohlenmonoxid mit Rhenium	93
6.2.2.4.1.1	Einfluss von Gold auf die molekulare Adsorption	94
6.2.2.4.1.2	Einfluss von Gold auf die Dissoziation von CO	97
6.2.2.4.2	Adsorption von Kohlenmonoxid auf Gold	98
6.3	Das System Kupfer/Rhenium(0001)	100
6.3.1	Thermodesorptionsspektroskopie (TDS)	100
6.3.1.1	Spektrenformanalyse	100
6.3.1.2	Bedeckungsgradkalibrierung	103
6.3.1.3	Energetik der Desorption	104
6.3.2	Rastertunnelmikroskopie (RTM)	106
6.3.3	Beugung niederenergetischer Elektronen (LEED)	111
6.3.4	Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse zum System Kupfer/Rhenium(0001)	112
6.3.4.1	Struktur und Wachstum	113
6.4	Thermodynamische und kinetische Betrachtungen - Vergleich der Systeme Au/Re(0001) und Cu/Re(0001)	120
6.4.1	Kinetische Betrachtungen	120
6.4.2	Das Phasengleichgewicht	121
6.4.3	Energetische Betrachtungen	122
6.4.4	Der Einfluss der Oberflächengeometrie	123
7	Zusammenfassung und Ausblick	124
8	Summary and Outlook	126
9	Literaturverzeichnis	128